Ueber den

Bau und die Bildung des Pflanzeneies.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei

hochlöblicher philosophischer Facultät zu Marburg

eingereicht

von

Hermann Arnoldt

aus Insterburg (Ostpreussen).

Marburg.

Universitäts-Buchdruckerei. (R. Friedrich).

1882.

Ein ewiges Naturgesetz, dem die ganze organische Schöpfung unterworfen ist, hat bekanntlich darin seinen Schwerpunkt, dass den einzelnen Individuen eine Lebensgrenze gesetzt ist, über die hinaus sie nicht weiter bestehen können. Sei es nun, dass der Wechsel der äussern Lebensbedingungen oder der Eingriff anderer Geschöpfe dem individuellen Leben ein Ziel setzt, immer ereilt alle Geschöpfe nach früher oder später Zeit dasselbe Schicksal. Soll nun aber, trotz des Unterganges der Einzelwesen, die ganze organische Schöpfung dem gleichen Schicksal nicht anheimfallen, so bedarf es gewisser Einrichtungen und Eigenthümlichkeiten, vermöge derer das Individuum befähigt ist, durch Neubildung ihm ähnlicher Wesen die Existenz der organischen Schöpfung zu sichern. So verschieden diese damit verbundenen Vorgänge auch sein mögen, immer sind es körperliche Bestandtheile der vergänglichen Individuen, die sich absondern und einem neuen Individuum den Ursprung geben. Die Art und Weise wie dies geschieht, ist eine sehr mannigfache. Einmal sind es auf ungeschlechtlichem Wege entstandene Keimzellen, die wir bei vielen niederen Gewächsen vorfinden oder Knospungen und Theilungen der Mutterpflanze, durch welche die Erhaltung vieler Pflanzen bedingt wird; das andere Mal werden an oder in der Mutterpflanze Organe gebildet, die als männliche und weibliche aufzufassen sind, und durch deren Einwirkung auf einander das in dem weiblichen Organ als Produkt der weiblichen Zeugungsthätigkeit entstandene Ei zur Weiterentwicklung angeregt wird. (Mit — Ei bezeichne ich

hier stets das Gebilde im weiblichen Fortpflanzungsorgan, welches durch die Befruchtung befähigt wird, eine neue fortpflanzungsfähige Generation zu entwickeln). Da das Ei bei der individuellen Entwicklung der meisten Pflanzen von grosser Bedeutung ist, wird es gerechtfertigt erscheinen, wenn wir unsere Betrachtungen über dasselbe auf die einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreiches ausdehnen, um uns die Modificationen und eigenthümlichen Organisationsverhältnisse, die innerhalb jeder in der verschiedensten Weise auftreten können, vor Augen zu führen. Sehen wir uns zunächst an, wie sich dieses bei den Thallophyten gestaltet, und betrachten wir zuerst den Typus der Pilze.

Die niedrigsten aller Pilze, die Schizomyceten, die ihrer minimalen Grössenverhältnisse wegen sich mehr oder minder der genaueren Untersuchung entziehen, müssen wir von vornherein von unseren Betrachtungen ausschliessen, weil sie sich nur auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen. Ein gleiches darf man wohl auch mit den Myxomyceten thun, obwohl von manchen Gelehrten das »Zusammenkriechen« zweier oder mehrerer, aus den Sporen entstandenen, ihre Gestalt oft verändernden Schwärmzellen, als ein Geschlechtsact aufgefasst wird. Wir gehen also gleich zu den Mucorineen über, die in Betreff des hier zu betrachtenden Punktes noch auf einer sehr niedern Stufe stehen, und bei denen es zur Bildung eines Eies im eigentlichen Sinne des Wortes noch nicht kommt, welcher Umstand erörtert werden soll. Es sei mir hier gestattet eines höchst merkwürdigen Vorganges Erwähnung zu thun, der in dieser Familie aufzutreten pflegt. De Bary fand, dass mit der auf ungeschlechtliche Weise erzeugten Sporangienbildung die Lebensgeschichte der Mucorineen nicht beschlossen sei, sondern dass sie auch förmlich geschlechtliche Fortpflanzungsorgane besässen. In einer Arbeit über Syzygites megalocarpus (Beiträge zur Morph. und Physiol. der Pilze, 1. Reihe. Frankf. a. M. 1864) fand er den höchst eigenthümlichen Zusammenhang zwischen Syzygites und

Sporodina, indem ersteres nur die Zygospore von letzterem sei. (Ehrenberg hatte 1829 Syzygites als eigene Gattung beschrieben). In einer zweiten Arbeit über Mucor stolonifer (Beiträge zur Morph. und Physiol. der Pilze. 2. Reihe. Frankf. a. M. 1868) hat de Bary gleichfalls geschlechtliche Fortpflanzung nachgewiesen, und im Jahre 1872 veröffentlichte Brefeld in einem Werk über die Schimmelpilze seine Beobachtungen über die Mucorineen (Botanische Untersuch. über die Schimmelpilze. Heft 1. Leipzig 1872). Die Resultate gipfeln darin, dass die Spitzen zweier Mycelfäden keulenförmig anschwellen, diese keulenförmigen Anschwellungen sich stark mit Protoplasma anfüllen, von ihrem Mutterfaden durch eine Querwand abgegliedert werden und nun zwei Organe darstellen, die in Folge von Copulation einen geschlechtlichen Act auszuführen scheinen. Da jedoch hier beide Zeugungsstoffe noch vollkommen identisch zu sein scheinen und man noch in keiner Weise erkennen kann, welches das zu befruchtende Organ ist, ja meistens die beiden Zeugungsstoffe zu einem ganz neuen fortpflanzungsfähigen Gebilde verschmelzen, so muss man hier wol von der Bildung eines Eies im eigentlichen Sinne abstrahiren. In der Familie der Chitridiaceen sollen nach Sorokin ähnliche, als geschlechtlich aufzufassende Fortpflanzungsorgane vorkommen (Einige neue Wasserpilze. Bot. Zeitg. 1874. p. 305). Schon zur vollständigen Differenzirung eines Eies kommt es in der Familie der Saprolegnieen, die in Betreff dieser Vorgänge wol durch Pringsheim am Besten bekannt geworden sind (Jahrb. f. wissensch. Bot. B. I, II, IX). Auch Cornu erwähnt sie (Ann. des scienc. nat. série 5 vol. XV). Die Oogonien entstehen nach diesen an den Thallusfäden, indem diese an ihren Enden kuglig anschwellen und sich dann reichlich mit Plasma anfüllen. Nach und nach zieht sich dasselbe an die Wand des Oogoniums zurück. Es werden dann helle Interstitien beobachtet, worauf sich der Oogoniuminhalt auf die Concentrationsstellen einzieht und so in seiner ganzen Beschaffenheit ein grosses Ei bildet,

wie es bei Pythium, Aphanomyces und verschiedenen Arten der Saprolegnia der Fall ist; oder es entstehen mehrere Portionen, von denen jede sich zu einer Eikugel abrundet und so mehrere Eier in einer wässrigen Flüssigkeit zu schwimmen scheinen, wie es bei den meisten Saprolegnia-Arten vorkommt. Bei den typisch nur ein Ei erzeugenden Aphanomyces-Arten beschreibt Schmitz für Aph. laevis zahlreiche Zellkerne innerhalb desselben (Sitzungsber. der niederrheinisch. Gesellsch. v. 4. Aug. 1879. S. A. p. 15). Cornu will bei einer Saprolegniee, dem Rhipidium, beobachtet haben (l. c.), dass das, nur in der Einzahl vorhandene Ei ausser von einer wässrigen Flüssigkeit noch von einer farblosen stark lichtbrechenden Substanz umgeben wird. Was die Beschaffenheit dieser Eier betrifft, so sind sie wenig durchsichtig; immerhin zeigt sich bei jungen Zuständen im Centrum ein Bläschen von röthlicher Farbe. Später wird dieses durch Oeltropfen, die in dem Ei auftreten, an die Peripherie desselben gedrängt und fällt dann als heller Fleck auf. Bei Achlya polyandra will Pringsheim diesen Fleck noch nach der Befruchtung und sogar bis zur Keimung des Eies in diesem beobachtet haben (Jahrb. f. wissensch. Bot. B. IX. p. 198). Strasburger giebt in seinem Werk über Zellbildung und Zelltheilung (II. Aufl. p. 171) auch an, dass er obiges Bläschen beobachtet habe, während er in der neuesten der III. Aufl. p. 62 sagt, dass das Lumen im Ei, »das rosa Bläschen« erst auftritt, nachdem das Ei befruchtet ist, während es vor der Befruchtung aus total homogenem Protoplasma bestehe. Eine Zellulosemembran ist vor der Befruchtung an den Eiern nie vorhanden.

Den Formen der Saprolegnieen, bei denen sich der gesammte Inhalt des Oogoniums nur zu einem einzigen Ei umgestaltet, sind die Vorgänge in Betreff der Eibildung bei den Peronosporeen ähnlich. Die Oogonien entstehen hier nach de Bary an den Enden der Thalluszweige als grosse kuglige, mit dichtem Plasma angefüllte Zellen. (Zur Kenntniss der Perono-

sporeen. de Bary & Woronin: Beiträge zur Morph. und Physiol. der Pilze, 2. Heft). Kurz vor der Reife sondert sich eine dunkle, mit zahlreichen Fetttropfen angefüllte centrale Masse von einer feinkörnigen homogenen diese umgebenden, welch' letztere bei der Reife des Oogoniums wie bei den Saprolegnieen verschwindet. Erstere Protoplasmamasse stellt das zu befruchtende Ei dar, das, wie es bei den Saprolegnieen der Fall war, vor der Befruchtung keine Zellulosemembran besitzt und keine auffällige eigenthümliche Struktur erkennen lässt.

Es bliebe nun das grosse Heer der übrigen Pilze zu behandeln, die in Betreff der Sexualität, ob solche vorhanden oder nicht da sei, sich einer sehr regen Discussion zu erfreuen gehabt haben. Einige Forscher wie Hofmeister, de Bary, Woronin und verschiedene andere (vergl. die unten angegeb. Literat.) wollen an verschiedenen Gattungen wie Gymnoascus, Erysiphe, Eurotium, Ascobolus, Peziza, Penicillium Organe gefunden haben, die am Mycelium als einzelne Zellen durch Auswachsen entstehen, sich zu zweien in verschiedener Weise aneinanderlegen und umschlingen sollen. Oft soll es sogar vorkommen, dass diese Organe an Grösse und sonstiger Beschaffenheit ungleich sind und man sah diese als die zur Weiterentwicklung des Pilzes nothwendigen männlichen und weiblichen Organe an. Eine eingehende Widerlegung fand obige Auffassung

---

Hofmeister, Entwicklung d. Sporen von Tuber aestivum. Jahrb. f. wissensch. Bot. B. II. p. 378.

de Bary, Beiträge z. Morph. u. Physiol. d. Pilze. Abhandl. der Senckenberg. naturf. Gesellsch. in Frankf. a. M. 1864, 1870.

Derselbe, Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten. Leipz. 1863. p. 10.

Derselbe, Morph. u. Physiol. d. Pilze, Flechten u. Myxomyceten. Leipzig 1866. p. 97.

Woronin, Zur Entwicklungsgesch. d. Ascobolus pulcherrimus u. einiger Pezizeen. Abhandl. d. Senckenberg. naturf. Gesellsch. in Frankf. a. M. 1864.

Baranetyky, Entwicklungsgesch. d. Gymnocascus Reesii. Bot. Zeitg. 1872. p. 145.

Bauke, Zur Entwicklungsgesch. d. Ascomyceten. Bot. Zeitg. 1877. p. 315.

durch Brefeld, der in seinen Untersuchungen über die Schimmelpilze (Leipzig 1876, 1877) zwar zugab, dass ähnliche Organe, wie oben angedeutete am Mycel vorkämen, jedoch ihnen jede geschlechtliche Funktion abspricht. Für die Basidiomyceten scheint es jetzt durch Brefeld festgestellt zu sein (l. c. u. d. Entwicklungsgesch. der Basidiomyceten. Bot. Zeitg. 1876. p. 49), dass diese einer sexuellen Fortpflanzung entbehren. Was die in ihrer Stellung im System noch höchst zweifelhaften Uredineen und Ustilagineen betrifft, so hat man bei einigen von ihnen eine Copulation gefunden, welche sich ähnlich der verhält, die wir bei den Mucorineen betrachtet haben (vergl. die unten angegeb. Liter.). Ob überhaupt ein Befruchtungsvorgang von statten geht und wie der Austausch der Stoffe sich gestaltet, ist noch nicht erwiesen.

Fassen wir in kurzen Worten das über das Ei der Pilze und seiner Bildungsweise Bekannte zusammen, so sehen wir, dass da, wo es zur Bildung eines Eies kommt, dieses stets nur eine einzelne Zelle darstellt, die aus dem gesammten Inhalt des Oogoniums als eines entsteht oder in Folge spontaner Theilungen desselben mehrere Eier hervorgehen. Feste Zellulosemembranen, von denen dieselben umgeben werden, sind vor der Befruchtung nirgends nachgewiesen.

Wir gehen nun über zur Schilderung der Eibildung bei den Algen. Eine geschlechtliche Fortpflanzung und die Bildung eines Eies finden wir bei den niedrigst organisirten Algen nicht vor. Sachs hat diese in die Klasse der Protophyta zusammengefasst (Lehrb. d. Botanik IV. Aufl. p. 248), zu welchen die Chroococcaceen, Nostocaceen, Oscillatorieen und einige andere

---

de Bary, Protomyces microsporus u. seine Verwandten. Bot. Zeitg. 1874. p. 81.

Derselbe, Protomyces u. Physoderma. Beiträge zur Morph. u. Physiol. d. Pilze. Abhandl. d. Senckenberg. naturf. Gesellsch. in Frankf. a. M. 1864.

Nowakowsky, Die Copulation bei einigen Entomophthoreen. Bot. Zeitg. 1877. p. 217.

kleine Gattungen gerechnet werden. Diese vermehren sich auf ungeschlechtliche Weise, wenigstens hat man bei ihnen bis jetzt noch keine Andeutung einer geschlechtlichen Fortpflanzung wahrgenommen. Aber auch bei den meisten höher organisirten Algen kommt ausser der geschlechtlichen eine ungeschlechtliche Vermehrung vor. Wenngleich auch bei manchen hoch organisirten Algen eine geschlechtliche Vermehrung noch unbekannt ist, oder wenn man bei manchen das eine oder andere Fortpflanzungsorgan noch nicht aufgefunden hat, so darf es doch wol hier am Platze sein, von einer allgemeinen Bildung dieser Organe zu sprechen und vornehmlich dieselbe bei dem uns hier interessirenden Ei zu verfolgen.

Die erste Andeutung einer geschlechtlichen Fortpflanzung bei den Algen hat Pringsheim in der Familie der Pandorineen (Ueber Paarung der Schwärmsporen, die morphol. Grundform d. Zeugung im Pflanzenreich. Monatsber. d. Acad. d. Wiss. in Berlin, October 1869) und Hydrodictyeen (Ueber die Dauerschwärmer des Wassernetzes. Monatsber. d. Acad. d. Wiss. in Berlin, 1860) und Dodel bei den Ulotrichaceen gefunden (Ulothrix zonata, ihre geschlechtl. u. ungeschlechtl. Fortpflanzung. Jahrb. f. wiss. Bot. B. X. p. 417), Familien, bei denen je zwei aus dem Protoplasma der einzelnen Zellen entstandene Schwärmzellen einen geschlechtlichen Act vollziehen. Hier ist die Bildung des weiblichen Fortpflanzungsorganes noch höchst einfacher Art. Das gesammte Plasma der vegetativen Zellen sondert sich in Theile, von denen jeder kugelförmige Gestalt annimmt und dann als mit zwei Cilien versehene Schwärmzellen aus der Mutterzelle hervorbricht. Das gesammte Plasma der einen Schwärmzelle darf wol als Ei aufgefasst werden und ebense das einer anderen, sich mit der ersteren conjugirenden Zelle muss dann als Samenkörper betrachtet werden, wenn, wie dieses von den Autoren geschieht, der Copulationsvorgang als Geschlechtsact bezeichnet werden darf. Bei der Zonardina collaris will Reinke grössere (weibliche) und kleinere (männ-

liche) Schwärmzellen beobachtet haben (Monatber. d. Acad. d. Wiss. in Berlin, 16. Octbr. 1876). Nach seiner Ansicht müsste die grössere als Ei aufgefasst werden, da diese sehr bald ihre Cilien verliert, ebenfalls die Bewegung, sich dann festsetzt, wobei der vordere Theil sich als typischer Empfängnissfleck ausbildet. In dieser Form harrt das Ei der Befruchtung durch eine kleine männliche Schwärmzelle. Sollte dieser Vorgang bestätigt gefunden werden, so wäre hier bei einer im Ganzen niedrig organisirten Form eine hohe Differenzirung des Eies vorhanden. Bei den Conjugaten, welche de Bary genau untersucht hat (Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. Leipzig 1858) wird die Copulation von vegetativen Zellen ausgeführt, indem zwei Fäden der Algengattung sich nähern, die einzelnen Gliederzellen Fortsätze bilden, die sich mit den Wänden berühren und der Inhalt nach Resorption der Scheidewände von der einen Zelle in die andere übergeht, wie dieses bei den Zygnemeen, z. B. bei Spirogyra der Fall ist. Bei den Desmidieen und Diatomeen (Pfitzer, Untersuch. über Bau u. Entwicklg. d. Bacillariaceen. Bot. Abh. von Hanstein. B. I) gipfelt die Befruchtung darin, dass die Protoplasmainhalte zweier Zellindividuen aus ihrer Mutterzelle herausquellen, sich dann vereinigen oder nur berühren und auf diese Art der geschlechtliche Act vollzogen zu werden scheint. Die höchst problematische Frage, wie hier der stoffliche Austausch vor sich geht, zu erörtern, ist hier nicht der Ort. Auch bei diesen Familien kann man noch nicht sagen, welches der befruchtende und der zu befruchtende Theil ist, da beide stofflich vollkommen gleich zu sein scheinen. Einen Schritt weiter gehend finden wir in dem Algentypus solche, bei denen ein Unterschied zwischen Ei und dem befruchtenden Element schon vorhanden ist. Gehen wir von der niedrigsten Form aus, den Volvocineen, einer aus der einzigen Gattung Volvox bestehenden Familie, deren zahlreiche Zellen in der Peripherie einer mit wässriger Flüssigkeit ange-

füllten Hohlkugel angeordnet sind. Cohn hat gezeigt (Die Entwicklungsgesch. d. Gattung Volvox in dessen Beitrag zur Biologie der Pflanzen. B. I. Heft 3. p. 93), dass die weiblichen Zellen aus den vegetativen der Zellfamilie sich dadurch heranbilden, dass verschiedene der letzteren sich an Volumen vergrössern und in Folge Auftretens von Vacuolen ein schaumiges Ansehen bekommen, dann eine flaschenförmige Gestalt annehmen, deren Membran stark gallertartig anschwillt und aus der Zellfamilie nach dem Innern der Volvoxkugel hineinragen. Das gesammte Plasma der weiblichen Zellen verliert dann die Vacuolen, ihr grüner Plasmakörper rundet sich zur Kugel und stellt das Ei dar, das dann durch Spermatozoiden befruchtet wird. Cohn fasst die Gallertmembran, die das Ei umgiebt, als Oogonium auf. An diese dürfte sich noch eine kleine Gattung anreihen, deren Eibildung auf einer verhältnissmässig niedern Stufe steht. Es ist dieses die von Cohn untersuchte und beschriebene Sphaeroplea (Ueber die Fortpflanzung der Sphaeroplea annulina. Monatsber. d. Acad. d. Wiss. in Berlin 24. Mai 1855). Nach ihm gruppirt sich bei einigen Fäden dieser Alge das in den Zellen ringförmig angeordnete Protoplasma, welches mit Vacuolen reich ausgestattet ist und Stärkekörner führt, nach und nach um diese Vacuolen herum. Dadurch werden sternförmige Protoplasmaformen gebildet, die unter sich alle durch Plasmafäden zusammenhängen. Nachdem sich nun die Sternformen oft verändert haben, die Vacuolen verschwunden sind und sich der Zusammenhang der einzelnen Sternformen durch Auftreten protoplasmatischer Trennungswände gelöst hat, ziehen sich die einzelnen Massen mehr und mehr zusammen und bilden glatte Kugeln, die mehr oder minder von Chlorophyll ausgefüllt sind, die aber keine Zellulosemembran besitzen, sondern nur von einer farblosen Schleimschicht umgeben sind. Diese Kugeln besitzen nach Cohn an einer Stelle einen hellen Fleck (Empfängnissfleck) und dürfen wol nach Analogie mit

den vorher besprochenen Formen als Eier bezeichnet werden, da sie nach der Befruchtung durch Spermatozoiden sich mit einer derben Membran umgeben und sich weiter entwickeln können.

Während die Eier bei allen vorher betrachteten Formen innerhalb eines Zellfadens entstanden, entwickeln sich die Oogonien und innerhalb derselben die Eier bei Vaucheria an der einzelligen Fadenalge durch knospenartige Auswachsung. Pringsheim (Ueber die Befruchtung der Algen. Monatsber. d. Acad. d. Wiss. in Berlin 1855. p. 133) und de Bary (Berichte der Freiburger naturf. Ges. 1856) gelang es, die richtigen Verhältnisse zuerst bei Vaucheria sessilis zu entdecken. Ihre Beobachtungen fanden Bestätigung an andern Arten wie V. aversa, geminata und einer von Woronin bei Nizza aufgefundenen neuen Spezies, der V. synandra (Beiträge zur Kenntniss der Vaucherien. Bot. Zeitg. 1869). Immer stellt die erste Anlage eine papillenartige Ausstülpung des Thallus dar, die alsbald im Lauf des Wachsens eiförmige Gestalt annimmt. Dann sammeln sich in dieser Chlorophyllmassen und sehr reichlich Oeltropfen von verschiedener Grösse an. Die ersteren überziehen vorwiegend die innere Wand, während die Oeltropfen das Innere des kuglig werdenden Thallusfortsatzes ausfüllen. Hierauf entsteht an der Basis, wo die Ausstülpung mit dem Lumen des Schlauches zusammenhängt oder etwas höher an diesem, sich oben kugelförmig wölbenden, nach unten verschmälernden Organ, eine Scheidewand. Ersteres ist bei V. sessilis und pachyderma, letzteres bei V. sericea und aversa der Fall. Auf diese Art ist der Thallusauswuchs ein selbstständiges vom Thallus vollständig getrenntes Gebilde geworden, welches so das Oogonium darstellt, in dem sich das Ei dadurch entwickelt, dass sich in ihm Chlorophyll und Oeltropfen an dem, dem Thallusschlauch zugekehrten Ende ansammeln, während das entgegengesetzte Ende einen schnabelartigen Fortsatz bildet. Erst später nimmt dann

die Hauptmasse Kugelform an, wobei entweder der ganze Inhalt des Oogoniums dazu verwendet wird, oder ein kleiner farbloser Protoplasmarest in dem schnabelartigen Fortsatz zurückbleibt und später aus diesem an die Aussenwelt tritt. Zufolge Beobachtungen de Bary's zieht sich bei V. aversa der Inhalt des Oogoniums zu einem dunkelgrünen kugligen Ei zusammen, das den untern Theil des Oogoniums einnimmt, während der obere leer bleibt (Berichte über die Fortschritte der Algenkunde in den Jahren 1855, 1856, 1857. Bot. Zeitg. 1858. Anhg. p. 76). Die ausgebildete Kugel, die mit Chlorophyll und Oeltropfen angefüllt ist, stellt dann das Ei dar, welches wahrscheinlich durch Wasseraufnahme beträchtlich an Volumen zunimmt. Mit den Vaucherien wurden früher einige sich an diese anschliessende Gattungen in eine Familie der Siphoneen zusammengestellt. Es sind dieses die Gattungen Caulerpa, Bryopsis, Acetabularia, von denen bis jetzt noch keine geschlechtliche Fortpflanzungsorgane bekannt sind. Neuerdings will Strasburger (Befruchtung und Zelltheilung. Jena 1878. p. 9) bei Acetabularia Copulation zwischen Schwärmzellen beobachtet haben, die sich nach ihm eng an die bei Pandorina von Pringsheim (Monatsber. d. Acad. d. Wiss. in Berlin. 1869) anschliessen dürfte.

Wir wenden uns nun zu einer andern Familie, den Oedogonieen, die durch zwei Gattungen Oedogonium und Bulbochaete repräsentirt wird. Hier ist es wieder Pringsheim, der uns einen klaren Einblick in den Entwicklungsgang verschafft hat. (Morphol. d. Oedogonieen. Jahrb. f. wiss. Bot. B. I. p. 47). Der Bau der weiblichen Geschlechtsorgane steht hier, wie bei den vorher betrachteten, auf der Stufe der einzelnen Zelle. Die Zelle, aus der das Oogonium heranwächst, unterscheidet sich vorerst kaum von den vegetativen Zellen des Oedogonium-Fadens. Nach obigem Autor und auch nach Juranyi (Beitrag zur Morphol. der Oedogonieen. Jahrb. f. wiss. Bot. B. IX) entsteht das Oogonium aus der oberen Tochterzelle einer eben getheilten vegetativen Fadenzelle, indem jene gleich nach der

Theilung eiförmig anschwillt und sich mit Chlorophyll und Fett anfüllt. Kurz vor der Befruchtung zieht sich der Inhalt des Oogoniums kugelförmig zusammen und stellt so das Ei (»Befruchtungskugel«) dar, ähnlich wie dieses bei Vaucheria der Fall war. Strasburger giebt an (Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 92), dass der ursprüngliche Zellkern des Oogoniums als Eikern erhalten bliebe. Was Bulbochaete betrifft, so entsteht nach de Bary's Beobachtungen das Oogonium ähnlich wie bei Oedogonium, nur mit dem Unterschiede, dass es hier aus einer vegetativen Zelle eines Seitensprosses der verzweigten Bulbochaete seinen Ursprung nimmt. (Die Algengattung Oedogonium und Bulbochaete. Abh. d. Senckenberg. naturf. Ges. in Frankf. a. M. 1854—1855. p. 29). Durch Reissung der Mutterzelle soll dann der Inhalt der oberen Tochterzelle hervortreten, aber noch mit einem kleinen Theil in der Mutterzelle zurückbleiben, so dass also ein fast kugliger äusserer und ein noch in der Mutterzelle befindlicher cylindrischer Theil vorhanden ist. Aus dem hervorstehenden kugligen Theil soll sich dann das Oogonium und somit das Ei durch Differenzirung des Plasmas bilden, analog des Vorganges bei Oedogonium. Ueber das Verhalten des Kerns in den Eiern fehlen alle Angaben. Es ist erklärlich, dass bei der Dichtigkeit des Protoplasmas dieser sich der Beobachtung leicht entzieht. Eine etwas andere Ansicht hat damals Pringsheim über die Entstehung des Eies bei dieser Gattung ausgesprochen. Nach seinen Beobachtungen entsteht an dem Oogonium de Bary's (dem primären«) noch eine Scheidewand. Die Wand des »primären« Oogoniums bricht dann auf und die Scheidewand rückt, indem sie den noch in der Mutterzelle steckenden cylindrischen Theil nach dem kugligen treibt, bis zu der Stelle, wo dieser in den kugligen überging. Pringsheim fasst den Vorgang ungefähr so auf, dass derselbe Vorgang, durch welchen bei der Gattung Oedogonium die Oogonien entstehen, in der Gattung Bulbochaete zwei Mal hinter einander auftreten muss. Bei den

Confervaceen, Chaetophoraceen, Chroolepideen und Ulvaceen hat man bis jetzt keine Geschlechtsorgane gefunden, woher wir diese Familien nur dem Namen nach erwähnen.

Was die Eibildung bei der grossen Familie der Fucoideen betrifft, so kennt man eine solche nur bei den Fucaceen, während sie bei den Phaeosporeen noch total im Dunkel schwebt. Thuret ist wohl der erste und genaueste Beobachter gewesen, dem wir das, was über die Fucaceen in Betreff des Eies existirt, verdanken. Er hat durch seine Untersuchungen gefunden, dass die Oogonien in einer im Thallus erzeugten Höhlung, den s. g. Conceptakeln gebildet werden, die aus der Oberfläche des Thallus meist warzenförmig hervorragen (Recherches sur la fécondation des Fucacées. Ann. d. scienc. nat. série 4. vol. II, 1854). Es ist hier nicht der Ort ausführlich über die Entstehung der Conceptakeln zu sprechen. Die Eier werden gebildet, indem eine Zelle der innern Auskleidung des Conceptakels ihre Aussenwand emporwölbt und den papillenartigen Vorsprung durch eine Querwand von der Mutterzelle isolirt. Diese isolirte Zelle wächst dann in die Länge, wird später durch eine Querwand in zwei Theile getheilt, von denen der obere kugelförmige Gestalt annimmt, sich ausdehnt und sich mit dunkelbraunem Protoplasma nach und nach anfüllt. Bei Pycnophycus, Hymantalia, Cystoseira und Halidrys bleibt die Plasmamasse ungetheilt und stellt so in seiner ganzen Beschaffenheit das Ei dar, während es sich bei Pelvetia in zwei, bei Fucodium in vier, bei Fucus in acht Portionen theilt, die sich allmählig abrunden und so eine Anzahl Eier in der sie umschliessenden Membran vorhanden sind. Die Eier der Fucaceen zeigen, wie auch aus Thuret's Abbildungen hervorgeht, nichts von besonderen innern Structurverhältnissen, sondern scheinen nur mit dichtem Protoplasma prall angefüllt.

Es blieben uns nun ausser den Characeen noch zwei Familien zur Besprechung übrig, von denen die eine als die der Coleochaeteen, die andere als die der Florideen aufgestellt

ist. Was die Eibildung bei der ersteren betrifft, so giebt Pringsheim an (Beiträge zur Morphol. und Systematik der Algen. Jahrb. f. wiss. Bot. B. II. p. 15 f.), dass die weiblichen Geschlechtsorgane (Oogonien) aus vegetativen Zellen der Coleochaete entstehen und zwar bilden sich bei C. pulvinata die Endzellen, bei C. soluta die vorletzten oder noch tiefer liegenden, und bei der eine parenchymatische Scheibe darstellenden C. scutata vegetative Zellen, die in concentrischen Kreisen liegen, in diese Organe um. Diese drei sind die in ihrem Verhalten der Oogonien verschiedensten Arten. Was nun ihre Entwicklung und die in ihnen entstehenden Eier betrifft, so nehmen die, oben als bevorzugt anzusehende Zellen im Lauf des Wachsthums an Umfang zu und laufen bei den ersten beiden Arten in ein haarartiges Gebilde aus, während bei C. scutata ein solches nicht beobachtet wurde. Während nun der farblose Inhalt des haarartigen Halstheils zu einer bestimmten Zeit heraustritt, erfährt der des bauchigen Theils keine sonderliche Umgestaltung. Es ist kein Grund vorhanden, dem in diesem enthaltenen feinkörnigen Plasma, welchem in geringer Zahl grössere Körnchen von unbekannter Beschaffenheit und Chlorophyllkörner eingelagert sind, die Funktion eines Eies abzusprechen, obwohl es nach der Befruchtung sich nicht direkt zu einer neuen Pflanze entwickelt, sondern wie es durch Pringsheim (l. c. p. 19) festgestellt ist, durch wiederholte Zweitheilung zu einem parenchymatischen Zellkomplex sich umbildet, worauf dann aus dem Inhalt der Zellen Schwärmsporen, die zu neuen Pflanzen auswachsen, entstehen. Bemerkenswerth ist, dass in den Eiern fast stets ein Kern beobachtet wurde, den wir vielleicht als den primären Kern der ursprünglichen vegetativen Zelle denken können.

Es erübrigt uns eine Pflanzenfamilie hier anzureihen, die in vieler Hinsicht unter den Algen am höchsten organisirt ist und unter dem Namen der Florideen ihre Stelle einnehmen. Was man von einer geschlechtlichen Fortpflanzung bei diesen

kennt, erstreckt sich auf die Batrachospermeen, Lemaneaceen und Porphyreen. Ein allgemeiner Typus, nach welchem der weibliche Geschlechtsapparat aufgebaut ist, lässt sich bei ihnen nicht aufstellen. Bei den Batrachospermeen, wo Solms-Laubach geschlechtliche Fortpflanzung beobachtet hat (Ueber die Fruchtentwicklung von Batrachospermum. Bot. Zeitg. 1867. p. 164), kommt es nicht zur Bildung eines Eies und auch bei den Lemaneaceen, die in dieser Hinsicht durch Siridot bekannt geworden sind, muss man von diesem Gebilde absehen, obwohl der ganze, dieser Familie eigenartige Befruchtungsvorgang von dem Autor mit Recht als geschlechtlicher aufgefasst wird. (Ueber die Befruchtung der Gattung Lemanea. Sitzungsber. d. Acad. d. Wiss. in Paris. 1870; übers. Bot. Zeitg. 1870. p. 354). Die Porphyreen sind die einzigen, bei denen individualisirte Eier beobachtet wurden. Reinke giebt für Bangia an (Ueber die Geschlechtspflanzen von Bangia fusco-purpurea. Jahrb. f. wiss. Bot. B. XI. p. 274), dass aus den Gliederzellen der weiblichen Fäden (die Pflanze ist diöcisch), durch deutliche Quertheilungen und darauf folgende Längstheilungen, die in radienartiger Anordnung unter einander stehen, sich keilförmige Zellen bilden. Tritt die Geschlechtsreife des Fadens ein, so werden diese keilförmigen Zellen, wahrscheinlich durch Quellung in Folge von Wasseraufnahme, nach Zersprengung der Wand des Mutterfadens frei. Diese nunmehr jetzt selbstständig gewordenen Gebilde darf man wol mit Reinke als Eier auffassen, da sie sich in keimfähige Sporen umwandeln und zwar in Folge eines Befruchtungsvorganges; wenigstens darf man letzteres wol annehmen, da bei vielen Eiern eine knopfförmige Anschwellung beobachtet wurde, die jedenfalls ein an das Ei gelangter Samenkörper vorstellt, dessen Veranlassung die Bildung einer festen Eimembran gewesen sein dürfte. Was die Struktur der eben frei gewordenen Eier betrifft, so besitzen sie vor der Befruchtung keine Zellulosemembran, jedoch einen spitzen Theil, der von feinkörnigem Plasma hell erscheint, während in dem dickern

Theil ein Zellkern wahrgenommen ist. Bei den übrigen Florideen hat man theilweise Organe gefunden, die als männliche Fortpflanzungsorgane gedeutet sind, bei denen aber weibliche nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten.

Was die Charen betrifft, die hier an das Ende des Algentypus gestellt werden sollen, da ihre systematische Stellung noch nicht endgiltig entschieden ist, so entstehen die Fortpflanzungsorgane nach A. Braun (Einheimische Charen. Cohn's Kryptogamenflora von Schlesien. B. I) und Sachs (Lehrb. d. Bot. IV. Aufl. p. 303) stets auf den Blättern, oder Blätter, die nicht von den sterilen zu unterscheiden sind, wandeln sich in Fortpflanzungsorgane um. Was die Entwicklung des uns hier interessirenden Eies betrifft, so wächst eine Zelle des normalen Blattes etwas in die Länge und theilt sich dann durch eine horizontale Wand in zwei Zellen, von denen die obere zur Ei entwickelnden Centralzelle wird, während sich aus der unteren Hüllschläuche, die später mit der Centralzelle verwachsen, heranbilden (Sachs l. c. p. 304). An der Basis der Centralzelle sind mittlerweile ein bis drei Zellen (Braun's »Wendezellen«) entstanden, während der Inhalt der Centralzelle sich zum endgiltigen Ei umformt. Das ausgebildete Ei besteht aus einem mit Stärke und Fetttropfen angefüllten Plasma, das an dem, dem Scheitel zugekehrten Ende durchscheinend körnige Struktur zeigt, welche Stelle wol mit de Bary als Empfängnissfleck bezeichnet werden dürfte. (Ueber den Befruchtungsvorgang bei den Charen. Monatsber. d. Berl. Acad. 11. Mai 1871. p. 237.) Ferner ist dasselbe von einer höchst feinen Membran umgeben, die kurz vor der Befruchtung am Scheitel gallertartig aufquillt.

Blicken wir nun zurück auf die Bildungsgeschichte des Eies bei den Algen, so ergiebt sich als allgemeines Resultat folgendes. Das Ei besteht von Anfang an aus einer Zelle, welche Eigenschaft es nie verliert. Sein Ursprung ist eine Protoplasmamasse, innerhalb welcher sich die dunkeln Elemente erst später bilden. Die Bestandtheile des Eies sind vor allem körniges

Protoplasma, das bei den Fucaceen in dichter Masse den Innenraum einnimmt. Ausserdem haben wir gesehen, dass es z. B. bei Sphaeroplea mit Chlorophyll und Oeltropfen reichlich angefüllt ist und bei den Charen besonders Oeltropfen und Stärke in demselben nachgewiesen sind. Ein Kern ist mit Sicherheit nur bei Oedogonium, Coleochaete und unter den Florideen bei Bangia beobachtet, bei allen übrigen wurde ein ähnliches Gebilde nicht wahrgenommen. Was eine Zellulosemembran betrifft, so ist auch hier, wie wir es bei dem Typus der Pilze gesehen haben, keine vorhanden. Bei manchen Eiern, wie denen der Zonardina, Sphaeroplea und verschiedenen Charen ist eine helle Stelle als Empfängnissfleck gedeutet, da an dieser das männliche Befruchtungselement in das weibliche hineintritt. Die Eier der Algen sind, wenn wir ihnen noch einen Augenblick unsere Aufmerksamkeit schenken wollen, eigenthümliche Gebilde. Bei Pandorina, Hydrodictyum und Ulothrix sind männliche und weibliche Fortpflanzungsorgane nicht von einander zu unterscheiden. Das Ei, eine Schwärmzelle darstellend, schwärmt frei umher und ist in diesem Stadium empfängnissfähig. Bei Zonardina wird es erst empfängnissfähig, wenn es zur Ruhe gekommen ist; bei Vaucheria und Oedogonium bleibt es in der Mutterzelle liegen und wird nie frei; bei Fucus dagegen tritt das Ei ohne zu schwärmen an die Aussenwelt und wird dann durch Schwärmzellen befruchtet, während es den Anschein hat, dass bei Bangia ruhende Eier durch ruhende männliche Befruchtungselemente angeregt werden.

Bevor wir uns zu den Gefässkryptogamen wenden, schalten wir hier die Gruppe der Muscineen ein, die sich in Hinsicht der Eibildung ebenso scharf von den Thallophyten abgrenzen, wie dieses in anderen Beziehungen der Fall ist.

Von allen Leber- und Laubmoosen dürfte sich eine Familie wol ganz absondern, die unter dem Namen der Anthoceroteen bekannt ist, da bei ihnen das Archegonium noch vollständig mit dem Thallus in continuirlicher Verbindung steht und nicht

so individualisirt ist, wie bei den übrigen, später zu behandelnden Moosen. Unterwerfen wir also diese gesondert einer Betrachtung. Abweichend von allen andern Moosen entwickelt sich bei diesen nach Hofmeister das Archegonium, indem ein Zellstrang des Thallus sich mit körnig-schleimigem Inhalt füllt. (Vergleichende Untersuchung d. Keimung, Entfaltung u. Fruchtbildung höherer Kryptogamen. Leipzig 1851. p. 5). Die am weitesten nach innen zu liegende Zelle nimmt dann an Volumen zu und in ihr entsteht das Ei (Hofmeister's »Keimbläschen«), indem sich um ihren centralen primären Kern eine Tochterzelle bildet, jedenfalls, wie es aus des Autors Beobachtungen hervorzugehen scheint durch freie Zellbildung entstanden, die heranwachsend das Lumen der Mutterzelle fast vollkommen ausfüllt. Nach Resorption der Zellwände der oberen Zellen entsteht dann ein Kanal, durch den kurz vor der Befruchtung der in diesen enthaltene Schleim herausbefördert wird und nun den Spermatozoiden der Weg zur Eizelle offen steht. Janczewsky will auch bei Anthoceros die, den übrigen Muscineen so charakteristische Theilung bei der Anlage des Archegoniums in einen mittleren und drei diesen umgebende, aber mit dem Thallus verwachsene Zellstränge gefunden haben. (Vergleichende Untersuch. über die Entwicklungsgesch. des Archegoniums. Bot. Zeitg. 1872. p. 415). Die Centralzelle zerfällt nach ihm wie bei den übrigen Moosen in eine Eizelle (Janczewsky's »Embryonalzelle«) und in eine Bauchkanalzelle. Das übrige Verhalten der Zellen fällt mit dem, der näher zu betrachtenden Laubmoose zusammen.

Was die Anlage des Archegoniums bei den Lebermoosen und unter diesen die der Riccieen betrifft, so giebt Hofmeister an, dass die männlichen und weiblichen Fortpflanzungsorgane in ihrer ersten Entwicklung vollkommen gleich sind. (»Vergl. Unters.« p. 45). Durch Theilung einer Scheitelzelle und dadurch, dass ein aus zwei Segmenten aufgebauter Zellkörper entsteht, in welchem sich ein centraler Strang von Zellen differenzirt, bildet sich das Archegonium. Die unterste Zelle dieses centralen

Stranges wird nach ihm zur Centralzelle, in der sich dann das Ei durch Differenzirung des Protoplasmainhaltes bildet, während die oberen Zellen den Halstheil*) des weiblichen Geschlechtsapparates darstellen. Aus Kny's Untersuchungen (Ueber Bau und Entwicklung der Riccieen. Jahrb. f. wiss. Bot. B. V. p. 379) geht jedoch hervor, dass die erste Anlage des Archegoniums die Ausstülpung einer Oberhautzelle ist, die nach aussen kugelförmig vortretende Gestalt annimmt, welche sich dann von dem, allseitig vom Gewebe umschlossenen Theil durch eine Querwand abgrenzt. Diese nach aussen kugelförmig vortretende Zelle wird dann durch Längswände in eine mittlere und vier diese umgebende Zellen getheilt. Ferner entstehen durch Quertheilung sowohl der peripherischen als der innern Zelle zwei Stockwerke, von denen das obere sich zum Halstheil, das untere zum s. g. Bauchtheil entwickelt. An der innern Zelle hat sich unterdessen der obere Theil etwas hervorgewölbt, welcher dann durch eine Querwand als »Deckzelle« von der nach innen zu liegenden Centralzelle abgegliedert wird. Diese letztere vergrössert sich nun bedeutend, während ihr Protoplasmainhalt an Volumen zunimmt, welch' letzterer mit Kny als das zu befruchtende Ei aufgefasst werden dürfte. Auch Janczewsky hat die Riccieen in Betreff unserer Frage untersucht und giebt an (Bot. Zeitg. 1872. p. 384), dass die Centralzelle Hofmeister's noch ihrerseits eine Theilung erleidet, wo dann die obere Zelle sich als »Bauchcanalzelle« abgliedert, während aus dem Inhalt der unteren, der Embryonalzelle, sich das Ei constituirt, das eine Kugel von homogen-körnigem Plasma darstellt. In ganz gleicher Weise vollzieht sich die Bildung des Eies nach Strasburger bei den Marchantieen. (Die Geschlechtsorgane und die Befruchtung bei Marchantia polymorpha. Jahrb.

---

*) Ein ähnliches Gebilde stellt der haarartige Fortsatz des Oogoniums bei Arten von Coleochaete dar.

f. wiss. Bot. B. VII. p. 415 f.) Die auch hier papillenartig vortretende Mutterzelle zerfällt, nachdem sie von dem, im Thallus verborgenen Theil durch eine Querwand abgegliedert ist, durch vier Längstheilungen, die sich unter rechtem Winkel schneiden, in vier seitliche und eine axile Zelle. Letztere scheidet dann eine Querwand in eine obere, Deckzelle, und eine untere, Centralzelle. Die Deckzelle nimmt Antheil an der Bildung des Halstheils des Archegoniums. Von der Centralzelle trennt sich dann im Lauf des Wachsthums eine Zelle ab, die unter dem Namen »Kanalzelle« auch zur Bildung des Halstheils beiträgt, während der grössere untere Theil der Centralzelle das Material zur Bildung des Eies liefert, indem sein protoplasmatischer Inhalt sich abrundet und so das Ei darstellt, das in Folge der Abrundung nicht den ganzen Innenraum der Centralzelle einnimmt. Im Innern des Eies ist bei Marchantia von Strasburger (l. c. p. 418) ein centraler Zellkern wahrgenommen, während sein Scheitel eine helle Stelle erkennen lässt, die wohl als Empfängnissfleck aufgefasst werden darf. Bei Preissia dagegen soll nach Janczewsky keine Andeutung einer solchen hellen Stelle vorhanden sein (Bot. Zeitg. 1872. p. 387). Die Bildung der Centralzelle und des definitiven Eies, die von Strasburger für Marchantia beobachtet ist, stimmt mit der von Leitgeb für Radula beschriebenen überein. (Sitzungsber. d. Acad. d. Wiss. in Wien 1871. B. I. p. 52). Die Vorgänge bei den Jungermannieen schliessen sich in Betreff der Bildung des Eies eng an die der Marchantieen an. Sie unterscheiden sich wesentlich in der Entstehung der Hüllzellen (Janczewsky, Bot. Zeitg. 1872. p. 390).

Was die Laubmoose betrifft, so stammen die ersten ausführlichen Nachrichten in Betreff der Entwicklung des Archegoniums und des in ihm entstehenden Eies von Hofmeister (»Vergl. Unters.« Leipzig 1851). Nach seinen Beobachtungen bildet auch hier die erste Anlage des Archegoniums eine kuglig

papillenartige Auswachsung von Zellen der Oberfläche. Durch Auftreten zuerst geneigter, dann radial senkrechter Wände wird ein Zellkörper gebildet, aus dem die späteren Antheridien und Archegonien, deren Anlage auf dieser Stufe der Entwicklung noch vollkommen gleich ist, sich heranbilden. Durch höchst complicirte Theilungsvorgänge, die von Hofmeister (l. c. p. 66, dazu tab. XIII u. XIV) sehr ausführlich beschrieben sind, werden Zellstränge gebildet, von denen vier bis sechs äussere einen centralen umschliessen. Das Organ gleicht in seiner Beschaffenheit dem der Lebermoose. Während nun im weitern Wachsthumsverlauf bei den Lebermoosen eine Zelle in der centralen Zellreihe, ganz nahe am Grunde des Archegoniums an Volumen zunimmt, ist es bei den Laubmoosen (Hofmeister untersuchte besonders Phascum, Archidium) die dritte bis fünfte von unten gezählt, die eine Volumzunahme erfährt. In dieser Zelle ist, wie es bei allen Moosen der Fall zu sein scheint, ein deutlicher Zellkern wahrzunehmen, der frei im Centrum schwimmt. Um diesen, nach Hofmeister durch freie Zellbildung um den primären Kern entstanden, ist dann später eine Zelle zu beobachten, die an Volumen nach und nach zunimmt und schliesslich den Innenraum der Mutterzelle ganz anfüllt. Der Inhalt dieser Zelle müsste nach Analogie mit andern gleichwerthigen Organen als Ei aufzufassen sein, da er, nachdem die darüber sich befindenden Zellwände des Centralhalsstranges aufgelöst und als Schleim ausgestossen sind, befruchtet wird. Bei den Andreaeaceen soll nach E. Kühn (Zur Entwickl. d. Andreaeaceen. Leipziger Dissertation 1870) die centrale Zellreihe durch fortgesetzte Quertheilung der Scheitelzelle gebildet werden. »Aus der ersten untersten Zelle der axilen Reihe bildet sich dann die Eizelle des Sporogoniums« (l. c. p. 31). Der Inhalt derselben, der das endgiltige Ei liefert, verhält sich vollkommen dem gleich, den Hofmeister für die übrigen Laubmoose beschrieben hat. Janczewsky stellt die

Erscheinungen bei den Phascaceen, Bryineen und Sphagneen so dar (Bot. Zeitg. 1872. p. 406 f.), dass eine an der Oberfläche des Vegetationspunktes liegende Zelle papillenartige Ausstülpung zeigt, die dann durch eine Querwand in eine untere Stielzelle und eine obere, sich in das spätere Archegonium umbildende Zelle getheilt wird. In der ersteren werden dann, durch zwei gegen einander schief gestellte Querwände, an der Basis zwei Zellen abgegrenzt, in deren oberer ähnliche Längs- und Quer-Theilungen auftreten, wie wir dieses bei den Lebermoosen gefunden haben, während die untere in eine obere, Kappenzelle, und eine untere Zelle getheilt wird, von denen erstere zur Bildung des Halstheils, letztere zum Aufbau des Bauchtheils beiträgt. In dem oberen Theil des Bauchtheils nimmt dann eine Zelle an Volumen bedeutend zu und stellt die Centralzelle dar. Nachdem sich letztere nach allen Richtungen hin vergrössert hat, wölbt sie sich kugelförmig und zerfällt dann schliesslich durch eine entstandene Wand in die Bauchkanalzelle und die Embryonalzelle; der Inhalt der letzteren dürfte jedenfalls wieder als Ei aufgefasst werden.

Wir gehen hierauf zu den Equisetaceen und Filicineen über, die in der hier zu verfolgenden Entstehung des Eies so sehr mit einander übereinstimmen, dass wir sie zusammen einer Betrachtung unterwerfen können. Nach den von Hofmeister (»Vergleich. Untersuch.«) über Pteris serrulata und den von Strasburger in seinen Untersuchungen über Pteris serrulata und Ceratopteris thalictroides (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII) mitgetheilten Beobachtungen liefern gewisse Zellen älterer Prothallien, wo dieselben durch wiederholte Theilung ihrer Zellen eine ziemliche Dicke erreicht haben, die Mutterzellen für die Archegonien. Diese Zellen sind, wie beide Autoren angeben, dadurch ausgezeichnet, dass sie einen körnigen Schleim enthalten und einen deutlichen Zellkern erkennen lassen. Durch eine Querwand wird eine dieser Zellen in eine grössere und eine kleinere

getheilt. Erstere als die nach innen liegende, liefert die Centralzelle, in der ein deutlicher Kern wahrzunehmen ist, während aus letzterer, nach wiederholten Theilungen, der Hals des Archegoniums hervorgeht. Hofmeister hat von den Vorgängen bei den Equisetaceen eine ähnliche Ansicht (»Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen.« Abhandlg. d. Königl. sächs. Ges. d. Wiss. 1857). In der uns für unsere Betrachtung nur allein interessirenden Centralzelle soll sich dann nach Hofmeister's Beobachtungen (l. c. und »Ueber Keimung der Equisetaceen.« Abh. d. Königl. sächs. Ges. d. Wiss. 1855) um einen primären Kern, der sich in der Scheitelwölbung der Centralzelle befindet, eine Tochterzelle bilden, die nach und nach während des Wachsthums den zweiten, secundär aufgetretenen Kern verdrängt und die als endgiltige Embryonalzelle, in der sich das Ei durch Differenzirung des Inhaltes bildet, zu betrachten wäre. Strasburger stimmt mit dieser Ansicht Hofmeisters nicht überein, sondern hält (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII. p. 398) die Embryonalzelle Hofmeister's für die Kanalzelle, analog derjenigen, wie sie von Pringsheim für Salvinia (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III., p. 520) beschrieben ist. Für Moose und Farnkräuter wurde die Kanalzelle auch von Sachs erkannt (Lehrb. d. Bot. Aufl. IV., p. 349 u. 419). Strasburger giebt an, dass durch diese Kanalzelle von der Centralzelle eine untere Zelle abgeschieden werde, die er als Embryonalzelle deutet und die einen deutlichen Kern mit Kernkörperchen besitzt. Ausser den oben angeführten hat sich noch Osmunda regalis einer Untersuchung zu erfreuen gehabt. Bei ihr hat Kny zwei Kanalzellen beobachtet (Beiträge zur Entwicklungsgesch. d. Farnkräuter. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII., p. 11). Nach ihm bildet sich das Ei aus dem Inhalt der Centralzelle, indem sich ihr trübes stärkehaltiges Protoplasma abrundet und dann einen hellen Fleck erkennen lässt (l. c. p. 12). Janczewsky bestätigt die Angaben Kny's in Betreff der zwei Kanalzellen und erklärt das Vorhandensein dieser dadurch, dass durch Theilung der Centralzelle eine Zelle sich absondert, die

so die zweite Kanalzelle vorstellt, während die übrigbleibende grössere Zelle für die endgiltige Embryonalzelle gehalten werden muss (Bot. Zeitg. 1872. p. 415). Die Polypodiaceen stimmen nach Kny in allen wesentlichen Punkten mit Osmunda überein (Kny: l. c. p. 14).

Die Verhältnisse der Entwicklung und des Baues des Archegoniums bei Salvinia sind ähnlich denen, wie wir sie bei Osmunda gefunden haben. Die Bildung des Eies weicht jedoch von der jener ab. In einem Entwicklungszustande des Archegoniums sind eine grössere inhaltreiche Zelle (die Centralzelle) und vier diese überlagernde Zellen vorhanden. Während nun die vier oberen Zellen im Laufe des Wachsthums mannigfache Theilungen erfahren (Pringsheim: »Zur Morphologie der Salvinia natans.« Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III., p. 521), bildet sich im Innern der Centralzelle eine Tochterzelle, von der es nicht feststeht, ob sie frei oder durch Theilung der Mutterzelle entstanden ist (Pringsheim's »Kanalzelle«). Besagte Zelle drängt sich zwischen die, sich zum Halstheil modificirten oberen Zellen hinein und entleert ihren schleimigen Inhalt beim spätern Abwerfen des Halses nach aussen. Der Inhalt des unteren Theiles der Centralzelle hat sich mittlerweile von der Wand zurückgezogen, wird von einer gallertartig erscheinenden Substanz umgrenzt und als Ei betrachtet, das, nachdem die Centralzelle geöffnet ist, durch zugetretene Samenfäden befruchtet wird. Zu bemerken wäre wohl, dass dieses Ei nach Pringsheim (l. c. tab. XXVI. fig. 1) einen deutlichen centralen Kern zwischen körniger Inhaltmasse zeigt. Was den Inhalt der Centralzelle bei Marsilia betrifft, so giebt Hanstein in seiner Arbeit über Befruchtung und Entwicklung der Gattung Marsilia an (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IV., p. 216), dass er sich zu einer Kugel zusammenballt und sich dann mit fester Begrenzungsfläche umgiebt. Von dieser kugelförmigen Masse sondert sich dann an dem, dem Archegoniumhalse zugekehrten Theil eine linsenförmig schleimige

Masse ab, die der Autor für ein unzweifelhaftes Aequivalent der Pringsheim'schen Kanalzelle der Salvinia hält. Die übrigbleibende Inhaltmasse wäre dann als Ei aufzufassen. Mettenius stimmt in den wesentlichsten Punkten mit obigen Beobachtungen überein (Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen. Frankf. 1846).

Hieran reihen wir die Lycopodiaceen, unter denen wir von den echten Lycopodien in Betreff der Eibildung nichts wissen, da bei ihnen ein Archegonium noch nicht aufgefunden ist. Pfeffer ist bei der Untersuchung über die Entwicklung des Selaginellen-Keimes zu dem Resultat gekommen (Bot. Abh. v. Hanstein. B. I.), dass die Embryonalzelle in dieser Familie, nicht, wie Hofmeister annimmt (Beiträge zur Kenntniss des Gefässkryptog. Abh. d. Königl. sächs. Ges. d. Wiss. 1855), frei als Tochterzelle um den primären Kern der Centralzelle entsteht, und wie er es auch für Isoëtes angiebt (l. c. p. 123), sondern dass ganz analog mit Salvinia die Centralzelle sich in eine kleine Kanalzelle und in eine grössere, das Ei liefernde, Zelle theilt. Innerhalb des Eies hat Pfeffer einen Kern beobachtet, auch findet sich an dem, dem Halskanal zugekehrten Theil eine farblose Stelle, die er als Empfängnissfleck bezeichnet.

Fassen wir die Bildung des Eies bei den Gefässkryptogomen in kurzen Worten zusammen, so ergiebt sich, dass die innere Zelle des als Bauchtheil bezeichneten Abschnittes des Archegoniums, die Centralzelle, im Laufe des Wachsthums an Volumen zunimmt und ihr Inhalt nach Hofmeister sich zum Ei gestaltet, während nach Untersuchungen der anderen Beobachter letztere durch eine Theilung in eine Kanal- und Embryonal-Zelle zerfällt. Der abgerundete Inhalt letzterer wäre dann als der zur Weiterentwicklung wichtigste Theil, als das Ei aufzufassen. Seine Beschaffenheit bietet wenig nennenswerthes. Es besteht aus körnigem, homogenem Plasma, das oft einen Kern und einen hellen Fleck erkennen lässt. Eine Zellulosemembran ist auch hier nie wahrgenommen.

Es erübrigt uns nun, nachdem wir das Gebiet der Kryptogamen behandelt haben und uns die Frage gestellt haben, wie entsteht das Ei, ein gleiches mit den Phanerogamen zu thun; bei denen nicht so viel Einzelheiten anzuführen sind, wie dieses bei den ersteren der Fall war.

Eine eingehende Untersuchung haben unter den Gymnospermen, die sich in den hier zu betrachtenden Punkten an die Gefässkryptogamen anschliessen, die Coniferen durch Hofmeister erfahren. Die erste Anlage stellt auch hier eine Zelle dar, die während des Wachsthums in eine kleine äussere, an die Embryosackwand anstossende, die spätere Halskanalzelle und eine grössere innere, die Centralzelle, zerfällt. Hofmeister hat nun bei Pinus, Strobus, Larix, Picea (»Vergl. Unters.« p, 131) innerhalb der sehr feinkörnigen fast klaren Protoplasmasse der Centralzelle, Vacuolen, durch die dasselbe ein schaumiges Ansehen erhalten soll (vergl.: Embryobildung d. Phanerogamen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I. p. 167), ferner verschiedene Zellkerne und freie, kernhaltige, sphärische Zellen beobachtet. Er hält diese frei im Innenraum schwimmenden Zellen für »Keimbläschen« und giebt an, dass sie bei Pinus canadensis, Picea, Larix bis zur Befruchtung fast sämmtlich ungetheilt sind. Bei Pinus silvestris dagegen bilden sich nach ihm in den Keimbläschen schon vor der Befruchtung vier und noch mehr Tochterzellen; auch hat er bei Pinus canadensis Stärkekörner nachgewiesen. Bei allen zerfliessen die Membranen der Keimbläschen durch Wasserzusatz sehr leicht, woher angenommen werden darf, dass dieselben noch keine feste Consistenz erlangt haben. Nach Hofmeister sind die Juniperineen (»Vergl. Unters.« p. 131) und Taxineen (Befruchtung d. Coniferen. Flora 1854. p. 535) dadurch ausgezeichnet, dass das Plasma der Centralzelle sechs bis zehn frei entstandene Keimbläschen enthält, von denen eins central gelegen durch Grösse, Schärfe der Umrisse und reich körnigen Plasmainhalt auffällt. Dieses ist das nach Hofmeister zur Befruchtung ausersehene, indem es sich nach stattgefundener

Befruchtung nach dem Grunde der Centralzelle hinzieht, wo es fest eingepresst zu sein scheint. Letzteres dürfte wohl als der von Strasburger (siehe weiter unten) beschriebene Kern der Centralzelle seine wahre Erklärung finden. Schacht, mit dessen Beobachtungen und Ansichten die weiterhin zu erwähnenden Strasburger's übereinstimmen, stellt sich ganz entschieden gegen die Hofmeister'sche Auffassung (Schacht: Beiträge z. Anatomie u. Physiologie der Gewächse. Berlin 1854. p. 287). Er sagt: »In den Corpuskulis der Coniferen entstehen keine freien Zellen.« Es dürfte wohl als erwiesen angesehen werden, dass die in ihrer Zahl schwankenden »Keimbläschen« Hofmeister's nichts weiter als theils Vacuolen, theils sogenannte Scheinzellen sind, wie sie auch Schacht erwähnt, da diese auch anderswo und selbst im Pollenschlauch der Coniferen vorzukommen pflegen. Strasburger untersuchte die verschiedensten Familien (Coniferen und Gnetaceen. Jena 1872, wo auch die ältere Lit. angegeb. ist). Er fand, dass der Inhalt und somit die ganze Centralzelle noch bevor sie ihre vollständige Reife erlangt hat, eine Modification erfährt. Der Kern, der an der, der Halskanalzelle zugekehrten Seite lag, theilt sich in zwei Theile, von denen der eine mit einer, von der Centralzelle abgetrennten Hautschicht als »Bauchkanalzelle« analog der der Gefässkryptogamen fungirt, während der andere Kern in die Mitte der jetzt als endgiltiges Ei zu betrachtenden Inhaltmasse seine Lage einnimmt. In diesem Zustand harrt das Ei der Befruchtung. Den Vorgang bei den Cycadeen erwähnt Hofmeister gar nicht, während Strasburger (l. c.) angiebt, dass er ganz dem der Coniferen entspricht und auch Warming sagt, dass eine deutliche Bauchkanalzelle bei ihnen vorhanden ist. (Ein Paar nachträgliche Notizen über die Entwicklung der Cycadeen. Bot. Zeit. 1878. p. 737.)

Was die Gnetaceen betrifft, so finden wir einige Angaben über dieselben bei Strasburger (Coniferen und Gnetaceen. Jena 1872). Bei Ephedra, die er genauer untersuchte, füllt

sich die, wie bei den Coniferen entstandene Centralzelle mit homogenem, in Folge Auftretens von Vacuolen schaumig aussehenden Plasma reichlich an und lässt deutlich einen Zellkern erkennen. (Strasburger. Zellbildung und Zelltheilung. III. Aufl. 1880 p. 43). Dieser Kern und mit ihm die Centralzelle theilt sich in zwei Theile, von denen der eine als »Canalzelle« dem Archegoniumhalse zunächst liegt, während der zweite Theil als Embryonalzelle zu betrachten ist, deren Inhalt dann als Ei seine Bestimmung erreicht. Hervorzuheben wäre, dass noch vor der Befruchtung die Vacuolen im Centrum des Eies verschwinden und nur die wandständigen vorhanden bleiben, während der jetzt central liegende Kern sich mit körnigen Stoffen anfüllt. Auch Welwitschia wurde von Strasburger untersucht (l. c.). Er hält den ganzen Inhalt der Centralzelle für ein einziges Ei. Dieses wird nach ihm als ganzes befruchtet, theilt sich darauf und aus der unteren Tochterzelle entsteht der Embryo. Gnetum scheint sich in Betreff des Eies an Welwitschia anzuschliessen. (The Welwitschia a new Genus of Gnetaceae by J. D. Hooker, mitgetheilt v. Eichler. Flora 1863 p. 519).

Bevor wir uns zur nächsten und letzten Abtheilung des Pflanzenreiches zum Kreis der Angiospermen wenden, wollen wir mit einigen Worten die hauptsächlichsten Punkte der Eibildung bei den Gymnospermen recapituliren. Wir haben gesehen, dass der Inhalt der Centralzelle des Archegoniums der Gymnospermen entweder als ganzer das Ei darstellt, wie bei Welwitschia, oder dass von der Centralzelle während des Wachsthums eine Zelle in Folge von Zelltheilung abgesondert wird und der Inhalt der jetzt übrigbleibenden Zelle die Funktionen des Eies übernimmt, wie dies bei den Coniferen der Fall ist. Das Ei der Gymnospermen scheint überall aus homogenem Protoplasma zu bestehen, das mit Vacuolen reich ausgestattet ist und in seinem Innern, meist central gelegen, einen Kern erkennen lässt.

Was die Angiospermen betrifft, so entdeckte Amici zuerst im Jahre 1842 beim Kürbis (Flora 1844) und 1846 bei Orchis (Flora 1847 und Bot. Zeitg. 1847), dass schon vor der Befruchtung in der Spitze des Embryosackes ein oder mehrere Zellen — »Keimbläschen« — vorhanden seien, von denen sich eins nach der Befruchtung zum Embryo ausbildet. Hugo von Mohl fand bei Orchis Morio ebenfalls die von Amici entdeckten Zellen. (Ueber die Entwicklung des Embryo v. Orchis Morio. Bot. Zeitg. 1847). H. Müller negirt das Vorhandensein von Zellen in der Embryosackspitze. (Beitr. z. Entwicklungsgesch. d. Pflanzenembryo. Bot. Zeitg. 1847). Hofmeister's Beobachtungen stimmen vollkommen mit denen Amici's in Betreff der Keimbläschen überein. (Die Entstehg. des Embryo d. Phanerogamen. Leipzig 1849). Unger beobachtete dasselbe bei Hippuris vulg. (Die Entwicklungsgesch. d. Embryo von Hippuris vulg. Bot. Zeitg. 1849). Tulasne war der Meinung, dass »das Keimbläschen« erst nach der Befruchtung in der Spitze des Embryosackes gebildet würde (Etudes d'embryogénie végétable. Annales des scienc. nat. 3 série vol. XII. 1849). Er untersuchte eine Anzahl Scrophularineen und Cruciferen, ausserdem Hippuris und Campanula. Schacht will bei Lathraea, Pedicularis und Hippuris das Vorhandensein von »Keimbläschen« nicht beobachtet haben (Entwicklungsgesch. des Pflanzenembryo. Amsterdam 1850.), während Hofmeister für Lathraea und Pedicularis zwei »Keimbläschen« angegeben hat (Flora 1851, 1854). Nach Radlkofer (Die Befruchtung der Phanerogamen. Leipzig 1856) liegen bei Euphrasia Odontites zwei säckchenartige Zellen — »die Keimbläschen« — nicht in gleicher Höhe der Wand des Embryosackes eingefügt, die frei in das Innere des Embryosackes hineinragen. Für die Zellnatur derselben spricht der Inhalt, der heller, klarer und weniger körnig als der des Embryosackes ist. Die Scheitelwölbung ist fast ganz von einem Kern ausgefüllt, in dem ein Kernkörperchen wahrzunehmen war. Lathraea Squamaria verhält sich in derselben

Weise. Dann haben Schacht, Hofmeister und in neuerer Zeit Strasburger ausführliche Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, auf deren Resultate wir hier näher einzugehen haben, und die wir mit den eigenen gefundenen vergleichen wollen.

Was den Eiapparat der Angiospermen betrifft, so würden bei der Behandlung dieses vier Fragen in Betracht zu ziehen sein. Erstens dürfte man vor allem die Frage aufwerfen, ob stets ein solcher vorhanden ist; zweitens, welche Zahl von Zellen denselben zusammensetzt; drittens, wie entstehen diese Zellen oder wie kann man sich ihre Entstehung vorstellen; viertens, wie ist ihre Beschaffenheit.

Was das Vorhandensein des Eiapparates betrifft, so steht es wohl jetzt ohne Zweifel fest, nach den Arbeiten Hofmeister's, Schacht's, Strasburger's und wie ich mir selbst nach Untersuchungen zu urtheilen erlaube, dass ein solcher stets im ausgebildeten Embryosack gefunden ist. Unter verschiedenen Angiospermen, die ich untersuchte, glaube ich bei folgenden feste Resultate erzielt zu haben. Es sind dies Iris pumila, Narcissus poëticus, Convallaria multiflora, Asphodelus albus, Ribes aureum und floridum, Saxifraga cordifolia, Linum austriacum, Papaver orientale und Drimys Winteri. Wenn, wie von einigen Autoren angegeben ist, der Eiapparat in manchen Familien nicht aufgefunden ist, so ist dies wohl dem Umstande zuzuschreiben, dass die Zellen desselben in frischem Zustande sehr empfindlich gegen Wasser sind und sie daher sehr leicht in den Präparaten zu Grunde gegangen sein können. Es ist daher rathsam, die Objecte stets einige Zeit in Alkohol zu bringen, wodurch die innern Eigenthümlichkeiten des Embryosackes genügend fixirt werden.

Wir können daher gleich zur Besprechung der zweiten Frage in Betreff der Zahl der Eizellen übergehen. Hofmeister sagt, dass der Bildungsanfang der »Keimzellen« im Embryosack eintritt, nachdem sich in der Scheitelwölbung desselben das Plasma stark angesammelt hat, und dann zwei bis drei Kerne

wahrgenommen werden. Sie sollen den Anschein kuglig bläschenförmiger Massen haben, ohne dass feste Körperchen zu beobachten seien. Er will dieses primitivste Auftreten an Orchis morio, Canna sellowii, Iris pumila, Paris quadrifolia und verschiedenen andern beobachtet haben (Entstehung des Embryo d. Phanerogamen. Leipzig 1849). Iris pumila, die ich einer Untersuchung unterzog, zeigte auf manchem Stadium, wie es Fig. 1 und 2 darstellt Kerne, die in dichter Plasmaansammlung im vordern und hintern Embryosacktheil vorhanden waren, ob dieselben jedoch durch freies Auftreten entstanden, oder auf andere Weise gebildet sind, werden wir später unten Gelegenheit haben zu erörtern. Eine sehr oft discutirte Frage ist die, in Betreff der Zahl der Zellen im Eiapparat. Ich werde hier die Resultate, die in der neuern Literatur darüber vorhanden sind, berücksichtigen und einen Vergleich mit denen ziehen, die ich durch Untersuchungen gefunden habe. Hofmeister, der sich wol am eingehendsten mit dieser Frage beschäftigt hat, giebt an (Neuere Beobachtungen über Embryobildung d. Phanerogamen. Jahrb. f. wiss. Bot. B. I, p. 95 u. f.), dass die Zahl und die Lage der »Keimbläschen« im Embryosack bei den verschiedensten Pflanzenfamilien sehr verschieden ist. Für die Acerineen, Leguminosen, Melastomeen, Proteaceen und Ribesiaceen giebt er als normales Vorkommen deren zwei an, während Strasburger (Befruchtung u. Zelltheilung. Jena 1878.) mit Ausnahme von Santalum, das regulär vier Zellen im Eiapparat besitzt, stets deren drei gefunden hat. Für Rheum undulatum giebt Sachs an, dass nur eine Zelle den Eiapparat bildet und eine runde Primordialzelle mit grossem Kern darstellt. (Lehrb. d. Bot. IV. Aufl. p. 559). Er bezeichnet diese als Eizelle, da sich aus ihr der Embryo entwickelt. Bei Rheum crassinervium fand Strasburger dagegen stets eine Eizelle und zwei Gehilfinnen, giebt jedoch zu, dass die beiden letzteren sehr flach seien und daher von Sachs jedenfalls leicht übersehen worden seien. (Befruchtung u. Zelltheilung, p. 41). Ich hatte Gelegenheit

von den Ribesiaceen die Ribes aureum und floridum zu untersuchen, kann jedoch die Ansicht Hofmeister's in Betreff von zwei Zellen im Eiapparat nicht theilen. Hofmeister sagt, dass der Embryosack der Ribesiaceen nahezu ausgefüllt wird von den zwei »Keimbläschen« (l. c. p. 108). Bei Ribes floridum habe ich in einigen Präparaten einen Zustand des Embryosackinnern gefunden, der möglicherweise mit der Hofmeister'schen Meinung in Einklang zu bringen wäre (vergl. Fig. 3). Ich möchte jedoch die, dort als Contur von Zellen erscheinenden Plasmamassen nur eben als solche, die von den Kernen, welche in der Embryosackspitze liegen, zu dem Chalazatheil gehen, erklären. Bei Ribes aureum habe ich regelmässig drei Zellen im Eiapparat gefunden, wie sie Fig. 4 darstellt, und zwar unterscheidet sich die eine, die ich mit Strasburger für die Eizelle halte, dadurch von den beiden anderen, dass sie einen Kern in dem hinteren, eine Vacuole in dem vordern, d. h. nach dem, der Micropyle zugelegenen Theil erkennen lässt, während bei der einen Gehilfin deutlich eine umgekehrte Anordnung beider zu beobachten war. In Fig. 5 ist die eine der Gehilfinnen nicht zu sehen; das Präparat hatte jedoch den Anschein als werde dieselbe von der vorhandenen Gehilfin und der Eizelle bedeckt. Bei Iris habe ich merkwürdigerweise stets nur zwei Zellen in der Embryosackspitze beobachten können, worüber ich Fig. 6 u. 7 zu vergleichen bitte, während Strasburger für Crocus und Gladiolus dieselben stets in der Dreizahl angiebt (Befruchtung und Zelltheilung, p. 39). Nach Strasburger würden die in Fig. 7 vorhandenen Zellen als Gehilfinnen zu erklären sein, da sie die, diesen Zellen eigenthümliche Anordnung von Kern und Vacuole zeigen und man müsste dann annehmen, dass die eigentliche Eizelle entweder gar nicht ausgebildet ist, oder dass überhaupt nur zwei Zellen den Eiapparat zusammensetzten und die Lage des Kerns und der Vacuole ist nicht charakteristisch für das Ei, oder was ich für das Richtigste halte, die Eizelle ist durch irgend einen Um-

stand zu Grunde gegangen. Auffallend ist es, dass Schacht in seinen Arbeiten stets nur von zwei Zellen spricht und die dritte nie beobachtet haben will (Neue Untersuch. über die Befruchtung bei Gladiolus segetum. Bot. Zeitg. 1858. p. 21; und: »Ueber Pflanzenbefruchtung«. Jahrb. f. wiss. Bot. B. I. p. 195 u. f.)

Für die Amaryllideen giebt Hofmeister an (l. c. p. 159), dass zwei bis drei »birnförmige Keimbläschen« in der Embryosackspitze sich befinden. Ich habe bei Narcissus poëticus stets drei Zellen in dem, der Micropyle zugekehrten Theil des Embryosackes vorgefunden. Die gegenseitige Lage zu einander war verschieden (vgl. Fig. 8—10 u. d. Erklärung). Hinzugefügt sei noch, dass, wo ich Gegenfüsslerzellen beobachtet habe, diese stets in der Dreizahl vorhanden waren. Es sind natürlich Fälle nicht ausgeschlossen, wo vielleicht nur eine Zelle in der Scheitelwölbung des Embryosackes vorhanden ist, wie Fig. 11 erkennen lässt. Dieser Fall kommt jedoch nur vereinzelt vor, und es kann wol durch verschiedene Ursachen entweder die ursprüngliche Anlage der andern Zellen ausgeblieben sein, oder es ist der normale Eiapparat in Folge Resorption von zwei Zellen auf eine reducirt. Fig. 12 u. 13 habe ich der Ergänzung wegen beigefügt. In ersterer sind nur zwei Zellen im Eiapparat vorhanden, die dritte ist jedenfalls auf mechanische Weise verloren gegangen, wie aus Fig. 12 geschlossen werden darf, während Fig. 13 die Zahl der Gegenfüssler und die Verschmelzung zweier Kerne in der Mitte des Embryosackes zeigt. Von den Smilaceen untersuchte ich Convallaria multiflora, bei der ebenfalls drei Zellen im Eiapparat vorhanden waren. Als specifische Eizelle halte ich in Fig. 21 nach Analogie mit den vorhin betrachteten Fällen die den Kern zeigende, während die Gehilfinnen keine Structur erkennen liessen. Eigenthümlicherweise ist die Eizelle bei Convallaria bedeutend kürzer als die beiden andern Zellen.

Ferner untersuchte ich aus der Familie der Saxifrageen, Saxifraga cordifolia. Ich fand hier den Eiapparat bestehend aus drei sehr deutlich sich von einander unterscheidenden Zellen, die dem spitzen, der Micropyle anliegenden Theil fest eingelagert zu sein schienen. Dieses Verhalten zeigen Fig. 14 u. 15. Ebenfalls lassen die einen langgestreckten Embryosack besitzenden Winteraceen wie Drimys Winteri (Fig. 16) drei Zellen im Eiapparat erkennen, von denen die eine beträchtlich andere Beschaffenheit als die beiden andern zeigt. Sehr schön sind die Verhältnisse innerhalb des Embryosackes bei den Lineen und Papaveraceen zu beobachten. In dem der Micropyle zu liegenden Theil des Embryosacks bei Linum austriacum sind drei Zellen wahrzunehmen. Die eine von ihnen unterscheidet sich wiederum dadurch, dass ihr Kern eine andere Lage einnimmt, als der der beiden andern Zellen. In Fig. 17 würde ich daher die mittlere Zelle, wie in den vorher betrachteten Familien als specifische Eizelle auffassen, während die beiden anderen dann die Gehilfinnen vorstellen. Im Chalazatheil des Embryosackes bei Linum austr. war in meinen Präparaten stets nur dichtes Protoplasma vorhanden. Was die Papaveraceen betrifft, so fand ich bei Papaver orientale stets drei Zellen den Eiapparat bildend, die ebenfalls in ihren Structurverhältnissen sich von einander unterschieden (Fig. 18). Beiläufig bemerkt sei noch, dass die Gegenfüsslerzellen hier vorzüglich ausgebildet waren und den Chalazatheil beinahe vollständig einnehmen; Fig. 19 zeigt einen Fall, wo die Eizelle auf den beiden Gehilfinnen liegt, deren Vacuolen und Kerne sehr gut ausgebildet waren. Bei Asphodelus albus unter den Anthericeen besitzt der Embryosack ebenfalls drei Zellen in seiner Spitze. Sie sind im allgemeinen schwer zu sehen, treten aber nach Behandlung mit wenig Kali und Glycerin deutlich hervor, halten sich jedoch, wie alle ähnlichen Präparate nur sehr kurze Zeit in gutem Zustande. Fig. 20 zeigt das Verhalten derselben, wo wol wieder die mittlere, in das Lumen des Embryosackes weiter hinein-

ragende Zelle, die einen ausgebildeten Kern in der, der Eizelle eigenthümlichen Weise enthält, als solche aufzufassen ist.

Nachdem wir nun, wie es durch Strasburger's Untersuchungen festzustehen scheint und was zum grösseren Theil auch durch die meinigen bestätigt wird, das normale Vorkommen von drei Zellen im Eiapparat der Angiospermen constatirt haben, dürfen wir wol die Frage aufwerfen, wie diese Zellen entstanden sein können. Hofmeister betrachtet seine »Keimbläschen« wie schon im Eingange dieses Abschnittes hervorgehoben wurde, stets als Zellen, die frei im Embryosack auftreten, während Schacht es für am wahrscheinlichten hält, dass dieselben innerhalb einer Mutterzelle entstanden sind. Letzterer meist auf einen Fall hin für Yucca und Nyctago (Ueber Pflanzenbefruchtung. Jahrb. f. wiss. Bot., B. I, p. 220; Tab. XIII. Fig. 13) und für Phormium tenax (Monatsber. d. Berl. Acad. 1857. p. 579 u. Fig. 8), wo die Mutterzelle die Tochterzellen noch umgiebt. Die Contur, die Schacht als die der Mutterzelle bezeichnet, ist wol mit Strasburger richtiger als die der dritten und zwar der wirklichen Eizelle zu deuten. In neuester Zeit ist es Strasburger gewesen, der, wie man wol sagen darf, durch seine unermüdlichen Beobachtungen in Betreff von Zell- und Kern-Theilungen fast unglaubliches geleistet hat und der diese in Frage stehenden Punkte über die Bildung des Eiapparates bei den Angiospermen ihrer definitiven Entscheidung nahe geführt zu haben scheint, und dessen Resultaten ich mich in den meisten Punkten anschliessen möchte. Er untersuchte zuerst Orchis pallens und fand, dass der aus drei Zellen bestehende Eiapparat nicht durch freie Zellbildung angelegt wird, wie Hofmeister es angiebt, sondern dass die Theilung des primären Embryosackkerns die Veranlassung zur Bildung des Eiapparates ist (Befruchtung und Zelltheilung. p. 29 u. f.). Die erste Modification, die der central gelegene Embryosackkern eingeht, ist dessen Theilung in zwei Tochterkerne, die gleich darauf in die beiden Enden des Embryosackes rücken und hier

wiederum eine Zweitheilung erfahren. Es sind also jetzt vorne und hinten im Embryosack je zwei Kerne vorhanden. Bei Fig. 1 und 3 dürften diese Vorgänge auch stattgefunden haben. Es tritt dann nach Strasburger noch einmal eine Theilung jedes Kernes ein, jedoch findet die Theilung in sich kreuzenden Ebenen statt. Somit befinden sich also vier Kerne im vordern und vier im hintern Theil des Embryosackes, von denen nun je drei mit Hautplasma umgeben werden und so jeder einzelne Kern mit der ihn umgebenden Plasmamasse eine Zelle darstellt, während die vierten Kerne nach der Mitte hinrücken, woselbst sie dann verschmelzen und so der definitive Kern des Embryosackes zu Stande kommt. Von den beigefügten Figur. zeigt 13 für Narcissus poëticus und 16 für Drimys Winteri den Fall sehr schön, wo drei Zellen in den Embryosackenden und zwei in Verschmelzung begriffene Kerne im Embryosack zu beobachten waren. Strasburger hat, wie schon angegeben wurde, drei Zellen in der Spitze des Embryosackes beobachtet (Befruchtung und Zelltheilg. p. 34 u. f.; ferner Angiospermen und Gymnospermen. Jena 1879). Dennoch scheint eine Pflanze von dieser allgemeinen Regel eine Ausnahme zu machen und uns den alten Satz wieder zu bestätigen, dass die Natur nicht nach Schablonen arbeitet. Es ist dieses Santalum album, bei der von Strasburger stets vier Zellen im Eiapparat gefunden sind und zwar zwei specifische Eizellen und zwei Gehilfinnen (Befr. u. Zellth. p. 46).

Man dürfte wol jetzt die Frage aufwerfen, wie die Zellen des Eiapparates beschaffen sind. Hofmeister und Schacht geben in ihren Arbeiten in Betreff der Membran, von der die Zellen umgeben werden, an, dass sie sehr leicht vergänglich ist, da sie nicht einmal die Einwirkung von Wasser kurze Zeit zu ertragen scheint. Präparate von frischen Objecten angefertigt, zeigten mir das Verhalten gegen Wasser in derselben Weise. Für Nuphar, Tropaeolum, Cheiranthus, Evonymus, Rosa, Godetia, Gervillia, Pedicularis, Rhinanthus, Lathraea, Funkia giebt

Hofmeister an (Embryobild. d. Phanerog. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I., p. 83 u. f.), dass eine feste Cellulosemembran die »Keimbläschen« umgiebt, wogegen Schacht in seinen Arbeiten sich stets von der Abwesenheit dieser bei Tropaeolum und Cheiranthus überzeugt hat, und auch Strasburger nirgends obigen Angaben Hofmeister's beistimmt. Ich habe bei den von mir untersuchten Pflanzen nie die Andeutung einer Zellstoffmembran vor der Befruchtung wahrnehmen können und dürfte Hofmeister vielleicht Befruchtetes für Unbefruchtetes angesehen haben. Wie schon oben hervorgehoben, sind die drei Zellen des Eiapparates nicht vollständig gleich, sondern es lässt sich, wie Strasburger (l. c. p. 31) hervorhebt und was durch meine Beobachtungen bestätigt wird, eine sehr gut von den beiden anderen unterscheiden. Meistens besitzt die mittlere von den drei Zellen in der Plasmaansammlung des hintern Theiles einen Kern, im vordern eine Vacuole und stellt die eigentliche Eizelle vor, während die beiden andern, die sog. Gehilfinnen eine umgekehrte Anordnung von Kern und Vacuole zeigen, wie auch aus meinen Fig. deutlich zu erkennen ist. Einen Umstand will ich nicht unerwähnt lassen, nämlich den, dass Strasburger angiebt, die Eizelle sei stets etwas tiefer vom Scheitel des Embryosackes entfernt, als die beiden Gehilfinnen, die ihre Lage ganz in der Scheitelspitze desselben haben. Meine Beobachtungen können die Strasburger'schen Angaben bestätigen, dennoch zeigt Fig. 19 und 21 einen Fall für Papaver orientale und Convallaria multiflora, wo die Eizelle kürzer erscheint als die, sich als Gehilfinnen auszeichnenden beiden andern Zellen. Schacht hat bekanntlich stets zwei »Keimbläschen« für die von ihm untersuchten Pflanzen angegeben und sollen diese bei Gladiolus (Bot. Zeitg. 1858. p. 22), Watsonia und Zea (Jahrb. f. wiss. Bot. B. I. p. 194 u. 197) und Santalum (l. c. B. IV. p. 8) eine höchst eigenthümliche Form und sonderbares Aussehen haben. Er vermuthet, dass diese Erscheinung bei allen Angiospermen vorkommt. Nach ihm bestehen die »Keimbläschen«

aus zwei gesonderten Theilen, einem oberen kleineren aus Plasmafäden zusammengesetzten Theil (Schacht's Fadenapparat), den der Autor als Zellstoffausscheidung betrachtet und einem zweiten, aus einer reich körnigen Plasmazone bestehenden, mit deutlichem Kern versehenen Theil. (Pringsheim hat bei Salvinia natans am oberen Theil der Kanalzelle eine ähnliche fadenartige Streifung wahrgenommen: Zur Morphol. d. Salvinia natans. Jahrb. f. wiss. Bot. B. III. p. 523). Bei anderen Pflanzen wie Pedicularis, Lathraea, Cucumis, Cheiranthus hält Schacht eine stark lichtbrechende klebrige Masse, die sich nach der Befruchtung über der Spitze des Embryosackes befindet, für den Rest des »Fadenapparates«, da er bei Gladiolus beobachtet haben will, dass dieser nach der Befruchtung der »Keimbläschen« eine ähnliche Beschaffenheit annimmt. Hofmeister hält obiges Gebilde für eine Cuticularbildung des Embryosackscheitels (Neue Beiträge z. Embryobildung d. Phanerogamen. Abh. d. Königl. sächs. Ges. d. Wiss. B. VII. p. 675). Bei den Cruciferen fand auch Strasburger am vordern Ende der Gehilfinnen eine das Licht stark brechende Substanz, an der jedoch keine Streifung vorhanden war. Für Crocus und Gladiolus dagegen stimmt Strasburger mit Schacht in Betreff der Streifung des der Micropyle zugekehrten Theiles der Gehilfinnen überein. Für Santalum alb. giebt Schacht an den »Keimbläschen« den Fadenapparat an, der theilweise aus dem Embryosack hervorragt (Jahrb. f. wiss. Bot. B. IV. p. 8), während Strasburger bei dieser Pflanze stets vier Zellen im Eiapparat gefunden hat. (Befruchtung und Zelltheilung. p. 47.) Nach ihm besitzt der vordere Theil der Gehilfinnen deutliche Streifung, weshalb es wol nicht unrichtig ist, wenn wir die Gehilfinnen als gleichbedeutend mit den Schacht'schen »Keimbläschen« betrachten, da Schacht die wahren Eizellen jedenfalls ganz übersehen haben dürfte. Bei den von mir untersuchten Pflanzen habe ich an den Zellen des Eiapparates eine solche Streifung nie wahrgenommen.

Es sei mir hier gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. **A. Wigand** für die freundliche Unterstützung mit verschiedenen literarischen Angaben und dem zu den Untersuchungen nothwendigen Material, meinen besten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Abbildungen stellen Längsschnitte von Embryosäcken dar.

Fig. 1—2 Iris pumila (Vergr.: 430 fach).

Fig. 1. Es ist je ein Kern im vordern und hinteren Theil des Embryosackes vorhanden, die durch Plasmamassen mit einander in Verbindung stehen.

Fig. 2. Zwei Kerne sind im vorderen, Conturen von Zellen im hinteren Theil des Embryosackes vorhanden und in der Mitte desselben befindet sich ein grosser Kern, in Plasmamasse hängend (Ein ganz anormales Verhalten).

Fig. 3. Ribes floridum zeigt je zwei Kerne in den beiden Enden des Embryosackes, die durch Plasmamasse in Verbindung stehen. (Vergr.: 430 fach).

Fig. 4 u. 5. Ribes aureum (Vergr.: 650 fach).

Fig. 4. Drei Zellen sind im Eiapparat vorhanden, die sich durch die Lage der Kerne und Vacuolen von einander unterscheiden. Der Embryosackkern zeigt eine annormale Lage.

Fig. 5. Nur je zwei Zellen im vorderen und hinteren Embryosacktheil vorhanden, die die Anordnung von Kern und Vacuole zeigen.

Fig. 6. u. 7. Iris pumila (Vergr.: 430 fach).

Fig. 6. Ein sehr annormales Verhalten des Embryosackinnern zeigend, wo je zwei Zellen in den Embryosackenden vorhanden sind.

Fig. 7. Zwei Zellen im Eiapparat, die sehr schön Kerne und Vacuolen zeigen.

Fig. 8—13. Narcissus poëticus (Vergr.: 650).

Fig. 8. Die Eizelle (mittlere) zeigt eine Vacuole im hintern Abschnitt, einen Kern im vorderen, während die Lage beider im allgemeinen stets umgekehrt ist.

Fig. 9. Die Eizelle und Gehilfinzellen sehr schön das Verhalten von Kern und Vacuole zeigend.

Fig. 10. Die beiden Gehilfinnen werden theilweise von der Eizelle bedeckt.

Fig. 11. Zeigt nur eine Zelle im Eiapparat, ferner zwei Gegenfüsslerzellen und einen gut ausgebildeten Embryosackkern.

Fig. 12. Die eine der Gehilfinnen ist jedenfalls bei der Präparation zu Grunde gegangen. Es befinden sich in der Chalazaregion drei Gegenfüsslerzellen und in der Mitte der Embryosackkern.

Fig. 13. Zeigt die Gegenfüsslerzellen und zwei in Verschmelzung begriffene Kerne.

Fig. 14 u. 15. Sacifraga cordifolia (Vergr.: 430 fach).

Fig. 14. Drei Zellen im Eiapparat zeigend, die Eizelle wird von den beiden Gehilfinnen theilweise bedeckt.

Fig. 15. Lässt die Kerne der drei Zellen im Eiapparat und die Vacuole einer Gehilfinn, ferner den Embryosackkern erkennen.

Fig. 16. Drimys Winteri (Vergr.: 650 fach). Drei Zellen im Eiapparat vorhanden, die specifische Eizelle und die beiden Gehilfinnen, ferner drei Gegenfüssler und zwei in Verschmelzung begriffene Kerne.

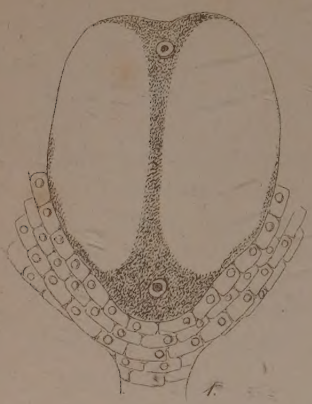
Fig. 17. Linum austriacum (Vergr.: 430 fach). Drei Zellen mit gut ausgebildeten Kernen den Eiapparat darstellend. Der hintere Theil des Embryosackes ist von dichtem Plasma angefüllt.

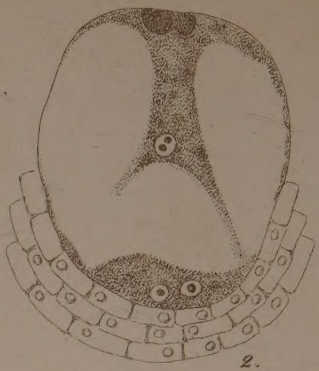
Fig. 18. Papaver orientale (Vergr.: 430 fach). Drei Zellen im Eiapparat Die Eizelle lässt den Kern, die Gehilfinnen die Vacuolen wahrnehmen. Gegenfüssler in Dreizahl, und ein Kern in der Embryosackmitte vorhanden.

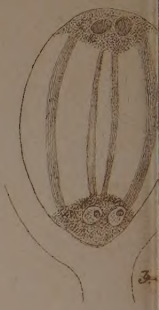
Fig. 19. Papaver orientale (Vergr.: 650 fach). Die Eizelle liegt auf den beiden Gehilfinnen und ragt nicht über diese in das Lumen des Embryosackes hinein.

Fig. 20. Asphodelus albus (Vergr: 650 fach). Drei Zellen den Eiapparat zusammensetzend.

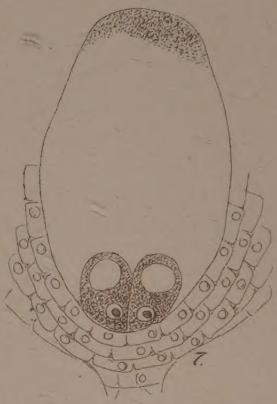
Fig. 21. Convallaria multiflora (Vergr.: 430 fach). Die Eizelle ragt hier nicht über die beiden Gehilfinnen hinaus; drei Gegenfüssler vorhanden.


1.

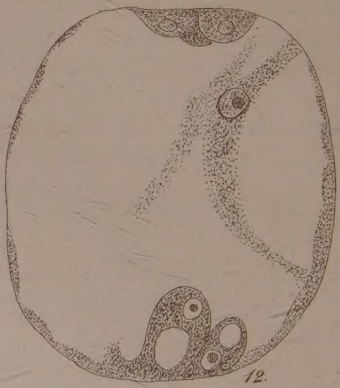

2.


3.

6.

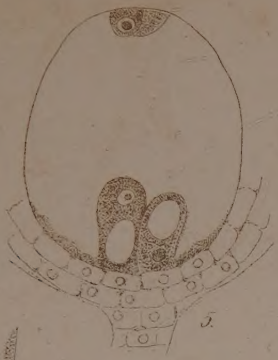

7.

11.

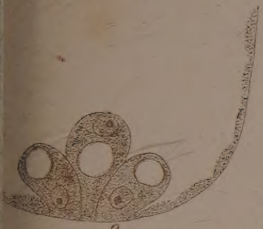

12.

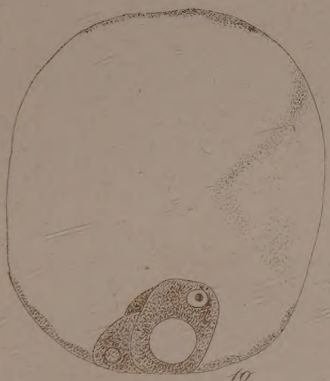
19.

4.


5.

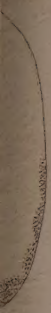
18.

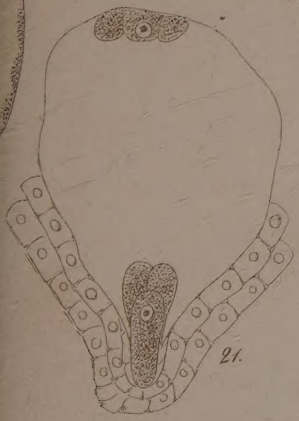

9.


10.

14.

17.




21.

16.

15.

J. Becker, Lith. Anst. Marburg